

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 38, N.º 1, 2023

El poder del níquel

Un catalizador de Ni ayuda a convertir aceites y grasas en gasóleo renovable

Una solución de tuberías aisladas al vacío (VIP) para transportar gas natural licuado

El poder del hidrógeno verde con el acero inoxidable





ESTUDIO DE CASO 27 MARQUESINA DE LA LÍNEA ELIZABETH, ESTACIÓN DE PADDINGTON



La rejilla de acero inoxidable pulido a espejo parece flotar sobre las plataformas.

Ubicación: Entrada de la línea Elizabeth en la estación de tren de Paddington, Londres
Fabricante de las correas de acero inoxidable: Montanstahl
Ingeniero de estructuras: Ramboll
Arquitecto: Weston Williamson + Partners
Peso del acero inoxidable: 56 toneladas
Dimensión de las correas: 300 mm de alto, 100 mm de ancho, 8 mm de grosor

En la transformación más significativa desde la finalización del edificio original en 1853, la estación de Paddington presenta una impresionante marquesina de vidrio que se eleva 8 metros sobre el suelo y se extiende a lo largo de 120 metros.

La estructura de la marquesina, una de las obras de arte más grandes de Londres, está formada por marcos de acero al carbono pintado, espaciados unos 6 metros, con 180 correas de acero inoxidable tipo 316L (UNS S31603) que se extienden entre las vigas de acero al carbono. Las correas de acero inoxidable pulido soportan 220 paneles de vidrio hechos a medida, cada uno de los cuales pesa más de una tonelada. El acabado pulido fue decisivo para su elección, ya que combinaba a la perfección con la obra del célebre artista Spencer Finch *A Cloud Index* impresa en el techo acristalado.

Las necesidades arquitectónicas impusieron grandes exigencias a la fabricación de las correas en cuanto a tolerancias geométricas, acabado superficial y calidad de la soldadura. Formadas por secciones de

cajón soldadas con láser y fabricadas a medida, con las almas sobresaliendo 25 mm del ala inferior, las alas superior e inferior de las correas se acortaron 80 mm en cada extremo para facilitar la conexión con las vigas de acero al carbono. Las correas se atornillaron a las vigas de acero al carbono mediante placas de aletas conectadas a cada alma con pernos avellanados. Se soldaron placas de refuerzo de acero inoxidable de 10 mm de espesor a la cara interior de las almas de las secciones de cajón para reforzar la conexión con las vigas de acero al carbono.

La marquesina proporciona luz natural a 25 metros bajo tierra, así como un singular collage de nubes que deleita a los pasajeros, ya que parece cambiar en función de la luz, el tiempo y la hora del día. 

EDITORIAL: EL PODER DEL NÍQUEL

El diccionario de inglés Oxford define el poder como “la habilidad o capacidad para hacer algo o actuar de una manera determinada”. En esta edición de Nickel analizamos el poder de las propiedades únicas del níquel para actuar en el corazón de tecnologías fundamentales para reducir las emisiones de carbono.



El hidrógeno verde es una de esas tecnologías prometedoras para el futuro. Las propiedades específicas del hidrógeno imponen duras exigencias a los materiales utilizados para su generación, almacenamiento, transporte y uso. Examinamos cómo los aceros inoxidable que contienen níquel están a la altura de esta tarea y descubrimos el poder de los catalizadores de níquel para la producción de gasóleo renovable. Los catalizadores de níquel son una parte indispensable de la tecnología que produce gasóleo renovable con emisiones de carbono mucho menores que las alternativas basadas en el petróleo. También examinamos el poder del níquel para transportar gases licuados a temperaturas extremadamente bajas para suministrar energía con menos emisiones.

La amplia colección de guías técnicas del Nickel Institute abarca las propiedades, el rendimiento, las tecnologías de fabricación y el uso de casi todos los materiales que contienen níquel y los sectores que los utilizan, y está disponible sin costo alguno. La colección se ha actualizado sustancialmente en los últimos tres años para permitir a ingenieros, prescriptores y usuarios aprovechar el poder del níquel con confianza y éxito. Recientemente hemos publicado la segunda edición de una de nuestras guías más populares, el *Manual de niquelado* (*Nickel Plating Handbook*); encontrarán más detalles en la página 15.

El Nickel Institute se dedica a compartir conocimientos y ya se sabe, ¡el conocimiento es poder!

Clare Richardson
 Editora, Nickel



El poder del níquel en muchas aplicaciones se explica en la amplia biblioteca de guías técnicas del Nickel Institute. Consulte nuestras publicaciones gratuitas en www.nickelinstitute.org

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 27**
Marquesina de la línea Elizabeth
- 03 **Editorial**
El poder del níquel
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Gasóleo renovable**
Un catalizador de níquel convierte la grasa en combustible
- 08 **El níquel: una solución de VIP**
Transporte de gas líquido
- 11 **Superalesiones a base de níquel**
El poder de propulsión
- 12 **El poder del hidrógeno verde**
El uso de acero inoxidable con níquel
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**
- 15 **Nuevas publicaciones**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Jardín amurallado resplandeciente**
Teatro Harvey de la Academia de Música de Brooklyn

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Presidente
Clare Richardson, Editora

communications@nickelinstitute.org

Colaboradores: Nancy Baddoo, Gary Coates, Steve Deutsch, Ursula Herrling-Tusch, Richard Matheson, Francisco Meza, Geir Moe, Kim Oakes, Benoit Van Hecke, Odette Ziezold

Diseño: Constructive Communications

El material aquí contenido ha sido preparado para información general del lector y no deberá utilizarse ni tomarse como base para aplicaciones específicas sin antes obtener asesoramiento. Aunque se considera que el material es técnicamente correcto, el Nickel Institute, sus miembros, su personal y sus consultores no afirman ni garantizan que sea adecuado para ningún uso general o específico, ni aceptan ningún tipo de obligación o responsabilidad respecto a la información aquí contenida.

ISSN 0829-8351

Impreso en papel reciclado en Canadá por Hayes Print Group

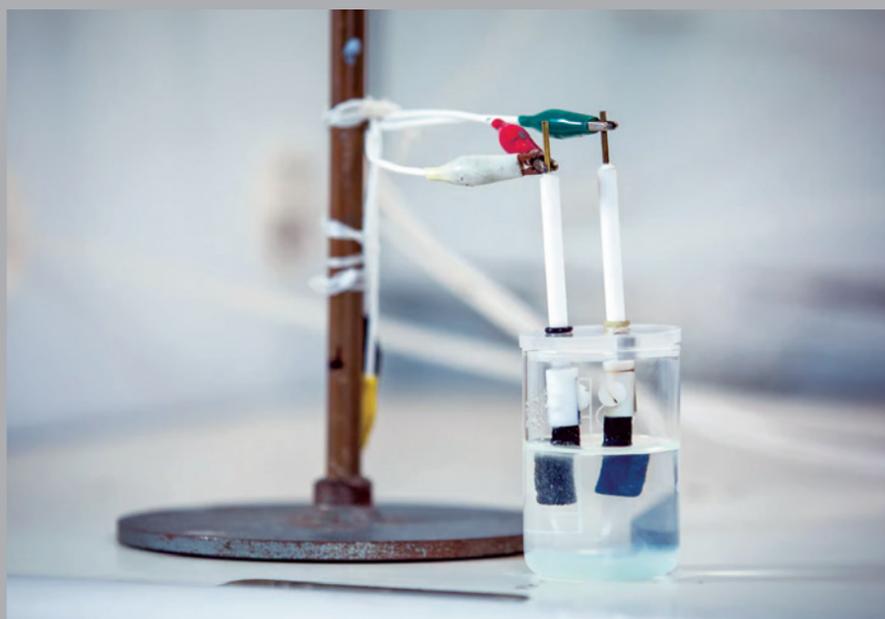
Créditos de imágenes de Stock: Portada: Grasas residuales en la producción de combustible en laboratorio iStock©Sinhyu
pág.3. iStock©onurdongel pág.5 iStock©peterschreiber.
media pág.6 iStock©Ratchat, pág. 11. iStock©kynny
pág.13 iStock©newannyart

NICKEL

ACTUALIDADES



Aprovechando el poder del mar



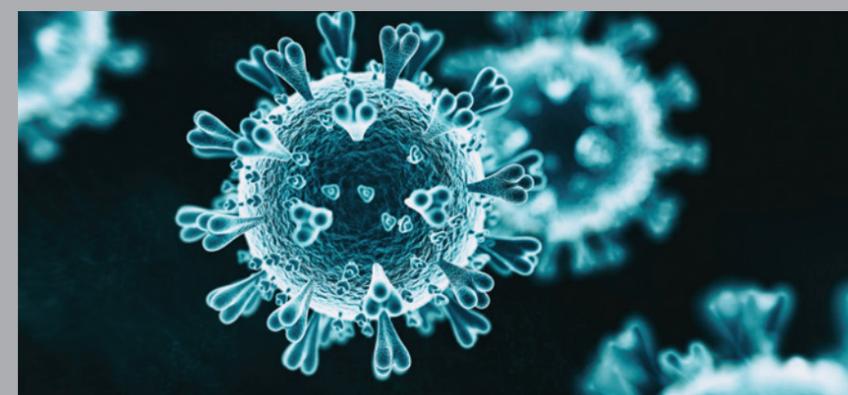
Ante la necesidad de generar hidrógeno verde de gran eficacia y bajo costo a partir de agua de mar, científicos de la RMIT de Australia han demostrado un nuevo método con un gran potencial. El dispositivo de la RMIT utiliza un novedoso catalizador fabricado a partir de láminas de fosforo de níquel y molibdeno dopado con nitrógeno (NiMo₃P). Este nuevo catalizador divide el agua de mar y genera hidrógeno de forma extremadamente eficaz en el laboratorio, al tiempo que resiste la corrosión y suprime la producción de cloro. Cuando el hidrógeno se hace pasar localmente por una pila de combustible, se emite agua desalinizada. El equipo de investigadores afirma que será fácil fabricarlo a escala y que debería resultar económico a escala comercial. ¿Por qué agua de mar? Es más abundante que el agua dulce y es gratis.

Detección de virus más rápida

La pandemia de COVID-19 ha inspirado a un grupo de investigación japonés para diseñar un dispositivo autosuficiente sin pilas, que no solo detecta virus en el aire con mayor rapidez, sino que además transmite esa información de forma inalámbrica.

Fumio Narita, de la Universidad de Tohoku, explica que “el dispositivo utiliza una placa revestida magnetoestrictiva compuesta de hierro, cobalto y níquel, que genera energía a través de la magnetización alternativa causada por la vibración”. El equipo modificó una placa de Fe-Co/Ni de 0.2 mm de grosor con un circuito rectificador/almacenador que recogía la energía de la vibración de flexión y permitía la transmisión inalámbrica de información. A continuación crearon la capa de biorreconocimiento, optando por centrarse en el coronavirus humano 229E (HCoV-229E).

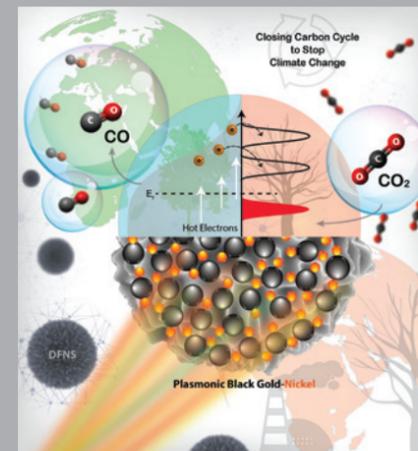
“En el futuro, con modificaciones de la capa de biorreconocimiento, esperamos seguir desarrollando nuestro dispositivo y veremos si se aplica a otros virus, como el MERS, el SARS y el COVID-19”, afirma Narita.



Una solución de oro

Con el cambio climático en el punto de mira, uno de los métodos más eficaces para afrontarlo podría ser

la hidrogenación del CO₂. Científicos del Tata Institute of Fundamental Research (TIFR) de Bombay demostraron recientemente un proceso por el que oro negro cargado de níquel convierte el CO₂ en una fuente de combustible útil, utilizando energía solar e hidrógeno verde. El estudio validó el excepcional rendimiento catalítico del oro negro-níquel plasmónico y podría conducir al desarrollo de una vía sostenible de hidrogenación del CO₂ y ayudar al desarrollo de tecnologías para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.



Los nanobloques impulsan la eficiencia



Científicos de la UNSW de Sídney han desarrollado un nuevo método para diseñar diminutos materiales tridimensionales que podrían aumentar la eficiencia de las pilas de combustible. Los investigadores utilizaron una novedosa técnica de síntesis química para construir compuestos complejos a partir de otros más sencillos. Haciendo crecer ramas de níquel de estructura cristalina hexagonal sobre núcleos de estructura cristalina cúbica, crearon estructuras jerárquicas tridimensionales con dimensiones de entre 10 y 20 nanómetros. Los autores del estudio, el profesor Richard Tilley y la doctora Lucy Gloag, señalan que “estas nuevas nanoestructuras tridimensionales están diseñadas para exponer más átomos al entorno de reacción, lo que puede facilitar una catálisis más eficiente y eficaz para la conversión de energía”. Utilizado en una pila de combustible o una batería, cuanto mayor sea la superficie del catalizador, más eficiente será la reacción al convertir el hidrógeno en electricidad. Al ser necesario utilizar menos material para la reacción se reducirán los costos. Publicado en *Science Advances*, el estudio supone un paso adelante hacia una producción de energía más sostenible, que aleje aún más la dependencia de los combustibles fósiles.

GASÓLEO RENOVABLE

UN PROMETEDOR CATALIZADOR DE NÍQUEL CONVIERTE LAS GRASAS EN COMBUSTIBLE



El gasóleo renovable (GR) se obtiene hidroprocesando aceite vegetal y grasas residuales, en un proceso muy similar al utilizado para fabricar gasóleo en una refinería convencional.

Según la Agencia Internacional de la Energía, se espera que la demanda de combustibles renovables crezca rápidamente en los próximos años. Steve Deutsch, de The Catalyst Group, explica el papel de los catalizadores de níquel y el potencial de los combustibles renovables.

El creciente uso de gasóleo ecológico para combatir el cambio climático y el agotamiento de los combustibles fósiles está dando lugar a una investigación más intensa sobre catalizadores rentables, como los de níquel-alúmina, que desempeñan un papel clave en el proceso.

La gran mayoría de los combustibles renovables actuales son el etanol (a base de maíz en EE. UU. y de azúcar en Brasil) o el biodiésel, que se obtiene por transesterificación de aceites vegetales. Tanto el etanol como el biodiésel sufren restricciones de mezcla que limitan su uso, así como un menor contenido energético en comparación con la gasolina o el gasóleo derivado del petróleo. El gasóleo renovable (GR) se obtiene hidroprocesando aceite vegetal y grasas residuales en un proceso muy similar al utilizado para producir gasóleo en una refinería convencional. El combustible de aviación sostenible (SAF), pariente químico cercano del gasóleo renovable, puede fabricarse mediante distintos procesos, incluido el hidrotratamiento de aceites vegetales, si la materia prima tiene la composición química adecuada. El gasóleo renovable cumple todas las especificaciones convencionales de los combustibles diésel, por lo que puede utilizarse sin mezclas, a diferencia del biodiésel.

Menor intensidad de carbono

Para fabricar gasóleo renovable se utilizan distintos aceites, sobre todo los de colza, soja y palma. También pueden utilizarse sebo de vacuno y grasas residuales. Debido a la preocupación por la sustitución de fuentes alimentarias por combustible, también se consideran aceites no tradicionales como el de camelina y el de jatrofa. Dependiendo de la fuente y de los métodos exactos de procesamiento, su intensidad de carbono varía, pero se considera que los gasóleos renovables tienen aproximadamente un 30 % de la intensidad de carbono del gasóleo derivado del petróleo. Aunque el principal objetivo del gasóleo renovable es reducir las emisiones de CO₂, existen otras ventajas. El gasóleo renovable suele tener solo alrededor de 1 ppm de azufre, frente a 10-15 ppm (dependiendo de las normas regionales de combustible más comunes), por lo que puede utilizarse para reducir el contenido de azufre del gasóleo de petróleo mediante mezclas. El índice de cetano del gasóleo renovable oscila entre 70 y 90, frente a un índice de cetano mínimo de 40 en EE. UU. y 49 en Europa. Los combustibles con mayor cetano se queman de forma más limpia, lo que facilita la regeneración de los filtros de hollín y la hace menos frecuente, ahorrando combustible y reduciendo

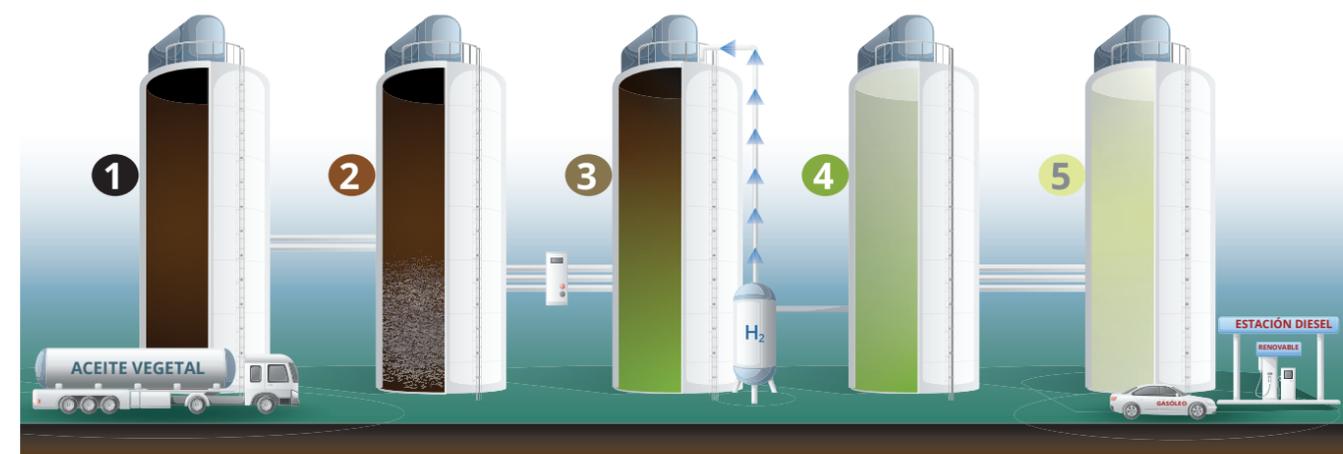


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso del gasóleo renovable

1 Los aceites vegetales y los residuos de grasas se llevan a la refinería.

2 El pretratamiento elimina los contaminantes no deseados.

3 El hidrocraqueo y la desoxigenación son procesos similares a los utilizados en las refinerías de combustibles fósiles.

4 La isomerización es el último paso para obtener un gasóleo de calidad.

5 El gasóleo renovable es un biocombustible avanzado de alta calidad, apto para todos los motores diésel.

los costos de mantenimiento. El gasóleo renovable se fabrica pretratando primero los aceites para eliminar los contaminantes metálicos que puedan estar presentes y el ácido procedente de la rancificación de los aceites. A continuación, el aceite se envía a un hidrotratador (similar al del petróleo) para romper los triglicéridos y eliminar el oxígeno. También se produce la hidrogenación de los enlaces insaturados y el craqueo de las moléculas más grandes en moléculas más pequeñas. Por último, el aceite hidrotratado se isomeriza para mejorar las propiedades de fluidez en frío del gasóleo y cumplir las especificaciones del combustible (Figura 1). Los principales productos de este proceso son el gasóleo renovable y el propano; las fracciones más pesadas se convierten en combustible de aviación sostenible (SAF) y las fracciones más ligeras, en gasolina renovable (Figura 2).

Catalizadores de níquel

Los catalizadores utilizados para el hidrotratamiento del aceite vegetal

son el Ni o NiMo soportados sobre alúmina. El Ni proporciona una buena funcionalidad para saturar los dobles enlaces, además de favorecer la actividad de eliminación del oxígeno. El Ni impregnado en zeolitas y otros tamices moleculares también se utiliza en la etapa de isomerización, sustituyendo a catalizadores más caros basados en platino o paladio.

Crecimiento dinámico

Según la AIE, la producción mundial de gasóleo renovable en 2021 era de solo 170 000 barriles/día, pero se prevé que crezca hasta alcanzar entre 420 000 y 600 000 barriles/día en 2027. Del mismo modo, la producción de SAF era de solo 2500 barriles/día en 2021, pero se prevé que crezca hasta el 1-2 % de la demanda mundial en 2027, lo que equivale a 75 000-150 000 barriles/día. Los gobiernos han impuesto el uso de combustibles renovables, por lo que a medida que aumente la demanda de estos combustibles también lo hará la de catalizadores de níquel, que son una parte indispensable de las tecnologías de combustibles renovables.

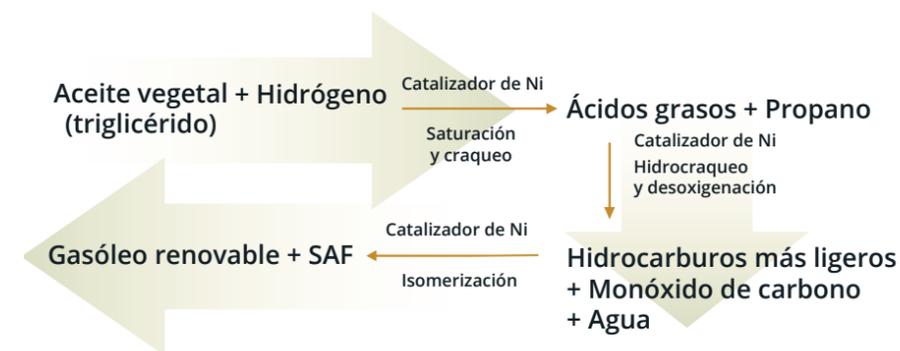


Figura 2 Pasos químicos en el hidrotratamiento de aceites vegetales para fabricar gasóleo renovable.

Tenga en cuenta que el Nickel Institute (NI) no respalda ninguna previsión concreta ni ninguna declaración prospectiva, que incluya, entre otras cosas, qué uso concreto creará o se desarrollará en el futuro. Si el lector desea utilizar o hacer referencia a esta información públicamente disponible de terceros, por favor cite la fuente original y no el NI.

NÍQUEL: UNA SOLUCIÓN DE VIP PARA EL TRANSPORTE DEL GAS LICUADO

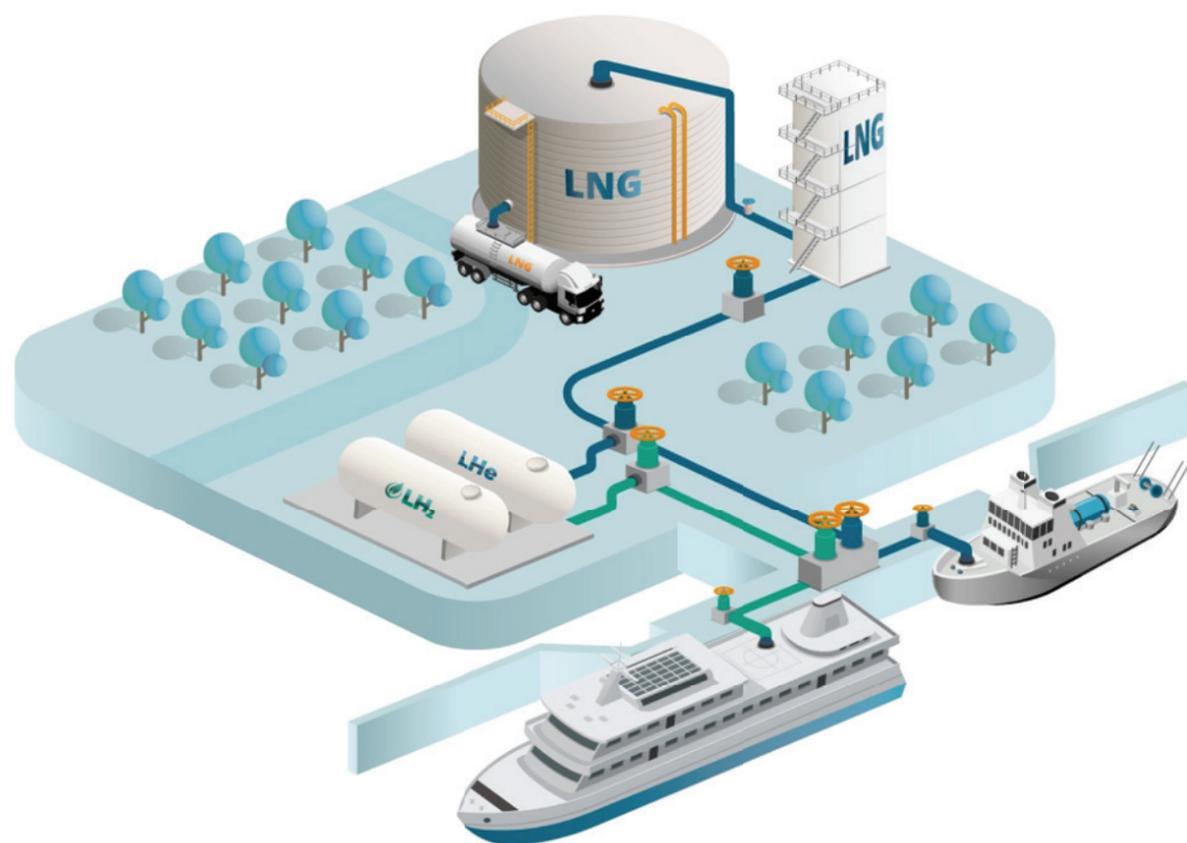
El bunkering de GNL es el proceso de suministro de gas natural licuado a un buque para su uso como combustible. En un esquema “de la tubería al buque”, el GNL procede de una terminal terrestre que lo almacena listo para su uso cuando sea necesario. A continuación, el GNL se transfiere al buque a través de tuberías aisladas al vacío.

Las tuberías aisladas al vacío (VIP) permiten transportar gases licuados a temperaturas muy inferiores a 0 °C para facilitar la transición energética.

Las VIP y el níquel

El cambio climático nos obliga a esforzarnos por reducir nuestras emisiones de carbono. Los combustibles que no emiten dióxido de carbono, como el hidrógeno y el amoníaco, ofrecen alternativas, y el gas natural licuado (GNL) ha demostrado ser una alternativa al petróleo

con menos emisiones como una fuente de energía alternativa al petróleo para producir electricidad o calefacción con menos emisiones. Sin embargo, la producción, el transporte y la utilización de estos vectores energéticos alternativos requieren su licuefacción. En el caso del GNL, esto ocurre a temperaturas



muy bajas. Hay que procurar que los gases enfriados y licuados permanezcan líquidos el tiempo necesario para almacenarlos y suministrarlos. Para que esto funcione, es necesario aislar los gases licuados del entorno.

Aquí es donde entra en juego el níquel. Los aceros inoxidables que contienen níquel tienen muchas propiedades atractivas. Son dúctiles y resistentes incluso a bajas temperaturas, lo que los convierte en la opción ideal en redes de tuberías para el transporte de gases licuados.

¿Cómo funciona el aislamiento por vacío?

Piense en un trazado de tubo en tubo que lleva el gas licuado por dentro. El vacío entre los dos tubos evita la pérdida de calor por conducción, ya que el aire (que es un conductor) es aspirado del espacio entre el tubo interior y el exterior. En aplicaciones industriales, se utilizan aceros inoxidables que contienen níquel

para los tubos interiores y exteriores, así como para los espaciadores, válvulas y fuelles de compensación necesarios, que permiten que el equipo de refrigeración funcione a distintas temperaturas.

Las VIP pueden utilizarse para transferir hidrógeno líquido, argón, nitrógeno, oxígeno, helio y GNL. Las ventajas de las VIP (frente al aislamiento tradicional con espuma, por ejemplo) son muchas. En primer lugar, está la eficacia de la refrigeración, que mantiene los costos operativos más bajos que los de los métodos de aislamiento tradicionales. En segundo lugar, las líneas de transferencia con aislamiento por vacío ocupan menos espacio que las tuberías con aislamiento convencional. El sistema de doble pared con vacío intermedio ofrece un valor de aislamiento tan alto que solo puede igualarse aplicando muchas capas de materiales similares a la espuma, lo que aumenta el

Las tuberías aisladas al vacío se fabrican a partir de dos tubos concéntricos, en su mayoría de acero inoxidable que contiene níquel: un tubo interior o tubo de proceso, que transporta el gas licuado; y un tubo exterior o camisa, que mantiene el vacío. Los tubos están separados entre sí por soportes fabricados con materiales de muy baja conductividad térmica. Las VIP que utilizan tubos de acero inoxidable de doble pared pueden preensamblarse en fábrica, lo que ahorra tiempo y costos.

Las VIP pueden utilizarse para transferir hidrógeno líquido, argón, nitrógeno, oxígeno, helio y GNL.

diámetro exterior del sistema. Además, cuando la seguridad requiere un sistema de doble contención, el tubo exterior proporciona precisamente eso. Si el tubo interior tuviera fugas, la doble contención mitiga el riesgo. Los tubos de transferencia con aislamiento de espuma no ofrecen esta característica de seguridad y requieren una zanja de seguridad de hormigón, lo que aumenta los costos. Las VIP que utilizan tubos de acero inoxidable de doble pared pueden preensamblarse en fábrica. Las soluciones de aislamiento tradicionales requieren que las tuberías se monten in situ y se debe tener especial cuidado para mantener intacta la capa de aislamiento. Esto explica por qué las soluciones de VIP pueden montarse en la mitad de tiempo que las tuberías con aislamiento tradicional. Por último, mientras que el aislamiento con espuma tiene una vida útil de solo diez años, se espera que las tuberías de acero inoxidable con aislamiento al vacío duren al menos 20 años.

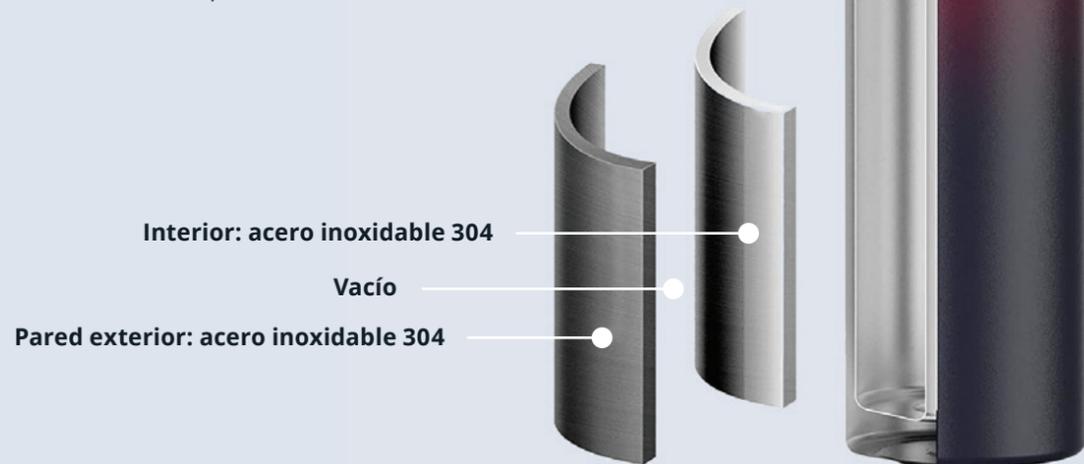
Las VIP son una parte esencial de los sistemas de bunkering y recarga de GNL

El primero se refiere al proceso de suministro de GNL (desde tierra, desde un buque de aprovisionamiento o desde camiones) a un buque para su uso como combustible. El segundo se refiere a la transferencia de GNL desde el almacenamiento en tierra a los buques (recarga a granel) o a los camiones (a través de contenedores ISO), para el uso del GNL para la generación de energía o uso industrial. Tanto en la infraestructura de bunkering como en la de recarga, las tuberías aisladas al vacío conectan la fuente de GNL con su destino. La tecnología también permite regasificar el gas licuado durante el trasvase gracias a la gran eficacia del aislamiento.

El níquel: una solución de VIP. ¿No es eso "genial"? Ni

Botella de acero inoxidable de doble pared sellada al vacío

El uso de aceros inoxidables que contienen níquel para el aislamiento al vacío no se limita a soluciones industriales. De hecho, las botellas de agua potable utilizan el mismo principio. Las botellas selladas al vacío también tienen doble pared (aunque doble pared no significa necesariamente "sellado al vacío"). Una botella de acero inoxidable "sellada al vacío" tiene dos paredes con un espacio intermedio que, debido a la ausencia de moléculas, no transfiere calor. Un espacio tan pequeño como 1 mm puede aislar la comida o la bebida dentro de su recipiente.



BOTELLA ISOTÉRMICA DE DOBLE PARED DE ACERO INOXIDABLE AISLADO

SUPERALEACIONES A BASE DE NÍQUEL EL PODER DE PROPULSAR

El término "superaleación" se utilizó por primera vez en la década de 1940 para describir un grupo de aleaciones desarrolladas para aplicaciones de alta temperatura, como turbocompresores y motores aeronáuticos. Las superaleaciones son materiales metálicos que pueden soportar temperaturas extremas porque poseen estabilidad microestructural, son resistentes a la oxidación a alta temperatura y, lo que es más importante, resisten la fluencia a alta temperatura (alargamiento a alta temperatura). Estas aleaciones se han utilizado ampliamente en muchas aplicaciones de alta temperatura, como válvulas de escape de automóviles, piezas estructurales de hornos, equipos de tratamiento térmico, componentes de centrales nucleares, motores de cohetes y, lo que es más importante, en las zonas calientes de turbinas de gas y a reacción para la generación de electricidad o para propulsar aviones.

Las superaleaciones pueden basarse en el hierro, el cobalto o el níquel, pero las aleaciones a base de níquel son, de lejos, las más utilizadas. Las superaleaciones a base de níquel suelen estar compuestas por más del 50 % de níquel y alrededor del 20 % de cromo. Su resistencia puede aumentarse mediante el "refuerzo por solución sólida", añadiendo elementos como cobalto y molibdeno, o mediante el "endurecimiento por precipitación", añadiendo aluminio y/o titanio para producir aleaciones con la máxima resistencia a la deformación por fluencia.

Estas aleaciones se utilizan en componentes críticos de las turbinas de gas, como los álabes y las toberas de escape, donde la presión y el calor son extremos.

La eficiencia del combustible de las

turbinas se ha aumentado controlando la estructura cristalina de los álabes de turbina de superaleación, inicialmente haciendo que los cristales crezcan en la misma dirección longitudinal y después produciendo los álabes como un solo cristal, lo que mejora la resistencia a la fluencia, es decir, la resistencia al alargamiento durante el funcionamiento. Además, los conductos de refrigeración para reducir la temperatura superficial del metal y la aplicación de revestimientos para reducir la oxidación permiten que las turbinas funcionen a temperaturas aún más elevadas.

Las maravillas de la aviación no dejan de sorprender con el aumento de potencia, que es posible, en parte, gracias a la resistencia de las superaleaciones a base de níquel. Ni



Las superaleaciones a base de níquel suelen estar compuestas por más de un 50 % de níquel y alrededor de un 20 % de cromo. Se utilizan cuando la presión y el calor son extremos.

Composición nominal de las superaleaciones comunes a base de níquel							
	UNS/DIN	Ni%	Cr%	Co%	Mo%	Al%	Ti%
Aleación 75	N06075	bal.	20	-	-	-	-
Aleación 80A	N07080	bal.	20	1	-	1.5	2.2
Aleación 90	N07090	bal.	20	18	-	1.5	2.5
105	2.4634	bal.	20	20	5	4.7	1.2
115	2.4636	bal.	15	14	4	4.7	4
263	N07263	bal.	20	20	5.8	-	2.2

EL PODER DEL HIDRÓGENO VERDE

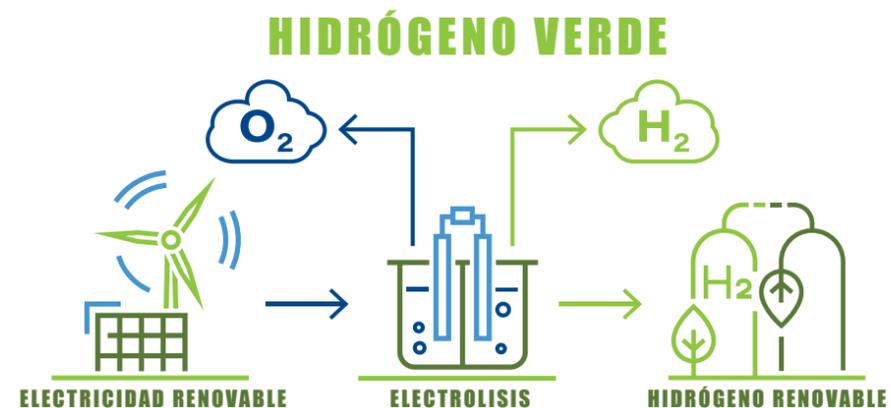
EL USO DEL ACERO QUE CONTIENE NÍQUEL

El hidrógeno verde tiene un potencial casi ilimitado como sustituto de los combustibles fósiles y contribuirá de forma esencial a alcanzar el cero neto. El acero inoxidable que contiene níquel es un compañero sostenible en el camino hacia un futuro climáticamente neutro.

El hidrógeno es 14 veces más ligero que el aire, no es tóxico, es incoloro e inodoro y arde sin dejar residuos con una llama incolora. Es gaseoso hasta -253 °C, después de lo cual se licua. Es un elemento muy reactivo que sólo se encuentra en forma ligada, por ejemplo, como molécula de hidrógeno, en agua con oxígeno o en metano con carbono.

La producción de hidrógeno requiere mucha energía. En todo el mundo se producen anualmente 30 millones de toneladas de hidrógeno “gris” a partir de combustibles fósiles como el gas

natural o el petróleo, principalmente mediante reformado con vapor. Se trata de un proceso que convierte el agua y el metano en hidrógeno y dióxido de carbono (CO₂). Cada



tonelada de hidrógeno produce diez toneladas de CO₂.

La opción ecológica

La alternativa más respetuosa con el clima es el hidrógeno “verde”, producido de forma climáticamente neutra a partir de energías 100 % renovables. El proceso de producción más común del hidrógeno verde es la electrólisis del agua, por la cual el hidrógeno se separa del oxígeno.

El hidrógeno es una materia prima importante para que las industrias química y petroquímica produzcan productos químicos básicos como el amoníaco verde o el metanol verde. Más de la mitad de la producción de hidrógeno se transforma en amoníaco para la fabricación de fertilizantes. El hidrógeno también puede utilizarse directamente para la calefacción de edificios, hornos industriales y en pilas de combustible para accionar motores eléctricos para el transporte. Es tan atractivo porque su única emisión de gases de escape es agua.

Las propiedades específicas del hidrógeno imponen las máximas exigencias a los materiales utilizados para su generación, almacenamiento criogénico, transporte y uso de electrolizadores, compresores de alta presión, depósitos, válvulas, tuberías y accesorios. La alta difusibilidad del hidrógeno exige una estanqueidad fiable de todos los componentes para evitar pérdidas y mitigar el riesgo de explosión o incendio por fugas de hidrógeno.

Fuerza y resistencia

En muchos metales, los átomos de hidrógeno pueden penetrar en el material (permeación) y alterar significativamente sus propiedades mecánicas. Incluso con una concentración de hidrógeno de unas pocas ppm, en materiales susceptibles puede producirse una degradación que da lugar a la formación de grietas y fracturas frágiles y, por tanto, representa un riesgo inaceptable para la seguridad. En cambio, los componentes fabricados con acero inoxidable que contiene níquel resisten permanentemente tanto la permeación como la degradación gracias a su microestructura. Así, impiden el escape gradual de gas y protegen los componentes de la fragilización, manteniendo una resistencia, ductilidad y homogeneidad elevadas y constantes.

Para los componentes que entran en contacto con el hidrógeno, se utilizan de forma estándar los tipos de acero inoxidable austenítico 316L (UNS S31603) y 304L (S30403). Los tipos 317LMN (S31726), 2205 (S32205) y 2507 (S32750) se utilizan en aplicaciones especialmente críticas.

De cara a un futuro sostenible, se están ampliando en todo el mundo las formas de producir, utilizar y distribuir hidrógeno verde. Muchos tipos de acero inoxidable desempeñarán un papel clave en el proceso, de principio a fin.

Adaptado de un artículo de Ursula Herrling-Tusch en nombre de Warenzeichenverband Edelstahl Rostfrei e.V., <https://www.wzv-rostfrei.de/>



Código de colores del hidrógeno

El hidrógeno es un elemento que existe principalmente en formas moleculares como el agua y los compuestos orgánicos. El hidrógeno gaseoso puede producirse a partir de diversas fuentes o procesos. Para diferenciar estas fuentes o procesos, el hidrógeno se identifica mediante un código de colores. Los más significativos son los siguientes:

El hidrógeno verde se produce mediante la electrólisis del agua, que utiliza electricidad renovable para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno gaseoso. Se llama verde porque no hay emisión de CO₂ durante el proceso de producción.

El hidrógeno gris, marrón y negro se producen utilizando combustibles fósiles, gas natural, carbón de lignito y carbón bituminoso, respectivamente. Sin embargo, todas estas opciones emiten CO₂ en distintos grados.

El hidrógeno azul se obtiene del gas natural. Sin embargo, el CO₂ se captura y almacena bajo tierra (secuestro de carbono). Como no se emite CO₂, el proceso de producción del hidrógeno azul se considera neutro en carbono.

Hidrógeno rosa, púrpura y rojo. Hipotéticamente, el hidrógeno puede producirse mediante el uso de energía nuclear. El hidrógeno rosa se genera mediante la electrólisis del agua utilizando la electricidad de una central nuclear. El hidrógeno púrpura se produce mediante el uso de energía nuclear y calor a través de la quimioelectrólisis combinada con electrólisis térmica del agua. El hidrógeno rojo se produce mediante la división catalítica del agua a alta temperatura utilizando energía nuclear térmica como fuente de energía.





PREGÚNTELE A UN EXPERTO PREGUNTAS MÁS FRECUENTES DE LA LÍNEA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO DEL NICKEL INSTITUTE

El ingeniero Geir Moe es el coordinador del Servicio de Consultas Técnicas en el Nickel Institute. Junto con otros especialistas en materiales de todo el mundo, Geir ayuda a los usuarios finales y a los especificadores de materiales que contienen níquel que buscan asistencia técnica. El equipo está disponible para brindar asesoramiento técnico gratuito sobre una amplia gama de aplicaciones como el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y el niquelado para permitir el uso del níquel con confianza.

<https://inquiries.nickelinstitute.org/>

P: ¿Cuál es la velocidad de flujo máxima recomendada para las tuberías de acero inoxidable cuando se utilizan para aplicaciones de agua?

R: El acero inoxidable que contiene níquel no tiene un límite recomendado para la velocidad de flujo. En la Tabla 1 se muestra el índice de pérdida de metal de varios metales a velocidades de hasta 8.2 m/s (27 pies/s), lo que demuestra que el 316L (S31603) tiene el índice de pérdida de metal más bajo a la velocidad más alta. De hecho, esta pérdida de metal es inferior a la definición de resistencia a la corrosión, que es una tasa de pérdida de metal igual o inferior a 0.1 mm/año. También

vemos el efecto beneficioso de aumentar el contenido de níquel en los metales que contienen níquel que no son un acero inoxidable. Sin embargo, el contenido de níquel del 316L es inferior al de estos otros materiales que contienen níquel, pero se beneficia de su capa pasiva resistente a la corrosión. De hecho, los aceros inoxidables de la serie 300 se han probado hasta 40 m/s (125 pies/s) sin ningún aumento de la pérdida de metal, Tabla 2.

	Ni%	Pérdida de metal mm/año a diferentes velocidades	
		0.3 m/s (1 ft/s)	8.2 m/s (27 ft/s)
Acero al carbono	-	0.16	1.17
Hierro fundido	-	0.23	1.36
Bronce al silicio	-	0.004	1.46
Bronce IA	<1%	0.023	1.10
90/10 CuNi	10	0.020	0.40
70/30 CuNi	30	<0.004	0.16
Aleación 400	65	<0.004	0.016
1930	10	0.005	<0.005

	Límite de velocidad m/s (pies/s)	
	Agua de mar	Agua potable
90/10 Cu/Ni	2.4-3 (8-10)	3.7-4.6 (12-15)
70/30 Cu/Ni	3-3.7 (10-12)	4.6-5.5 (15-18)
Serie 300 SS	>40 (125)	>40 (125)

NICKEL

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

SUSCRÍBASE gratis a la revista Nickel. Recibirá un ejemplar impreso o un aviso por correo electrónico cada vez que se publique un nuevo número. www.nickelinstitute.org

LEA la revista digital Nickel en varios idiomas. www.nickelinstitute.org/library/

CONSULTE LOS NÚMEROS ANTERIORES de la revista Nickel, desde julio de 2009, en nuestra hemeroteca digital.

www.nickelinstitute.org/library/

SÍGANOS en Twitter @NickelInstitute

CONÉCTESE en LinkedIn: visite la página del Nickel Institute

VEA videos sobre el níquel en el canal del Nickel Institute en YouTube www.youtube.com/user/NickelInstitute

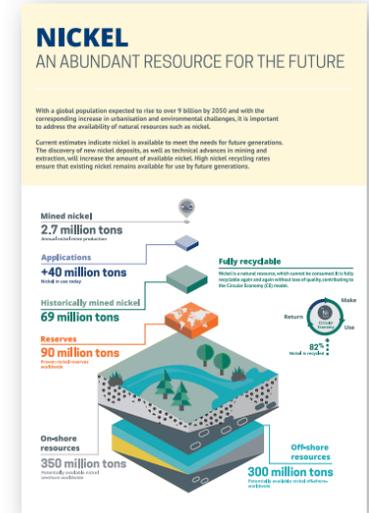
NUEVAS PUBLICACIONES

¿Hay suficiente níquel? ¡La respuesta breve es "sí"!

Los términos "recursos" y "reservas" se utilizan cuando nos referimos a la disponibilidad de níquel. Los "recursos" describen posibles yacimientos futuros que aún deben explorarse. Las "reservas" se producen cuando la exploración cuantifica y evalúa que el yacimiento puede explotarse económicamente. En la actualidad se conocen 95 millones de toneladas de reservas de níquel, 350 millones de toneladas de recursos de níquel en tierra y 300 millones de toneladas de recursos potenciales en el mar. Las empresas añaden continuamente

nuevos yacimientos tanto a los recursos como a las reservas. A esto hay que agregar unos 40 millones de toneladas de níquel que se utilizan actualmente y que acabarán estando disponibles para el reciclaje. Con los niveles de producción actuales, de 2.7 millones de toneladas al año, podemos afirmar que hay níquel suficiente para las generaciones actuales y futuras.

El Nickel Institute ha actualizado su hoja informativa sobre recursos y reservas de níquel con los datos más recientes. Descargar de www.nickelinstitute.org



Manual de niquelado

El Nickel Institute ha publicado la segunda edición del popular *Manual de niquelado (Nickel Plating Handbook)*. Esta completa guía gratuita de 104 páginas sobre electrodeposición ha sido revisada y actualizada por el Dr. William Lo, especialista en la industria de la galvanoplastia.

El *Manual de niquelado* revisa la práctica moderna del niquelado industrial sobre un fondo de electroquímica fundamental. Abarca la composición de los electrolitos, las especificaciones de los revestimientos decorativos, los revestimientos de ingeniería, los procedimientos

de ensayo, la resolución de problemas, consejos prácticos, minimización de residuos y asesoramiento sobre aspectos de salud laboral y medioambiental del niquelado. Esta edición incluye nueva información sobre salud y seguridad e introduce una sección sobre la prevención de la liberación de níquel de artículos niquelados y aleados. El *Manual de niquelado* es una guía de alta calidad sobre electrodeposición y proporciona información práctica para el funcionamiento y control de los procesos de niquelado. Descargar de www.nickelinstitute.org



DETALLES UNS

Composición química (en porcentaje del peso) de las aleaciones y los aceros inoxidables mencionados en este número de la revista Nickel.

UNS	C	Cr	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
S30403 pág. 13	0.03 máx.	18.0-20.0	bal.	2.00 máx.	-	-	8.0-12.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S31603 págs. 2, 13, 14, 16	0.030 máx.	16.0-18.0	bal.	2.00 máx.	2.00-3.00	-	10.0-14.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S31726 pág. 13	0.030 máx.	17.0-20.0	bal.	2.00 máx.	4.00-6.00	0.10-0.20	13.5-17.5	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S32205 pág. 13	0.030 máx.	22.0-23.0	bal.	2.00 máx.	3.00-3.50	0.14-0.20	4.50-6.50	0.030 máx.	0.020 máx.	1.00 máx.
S32750 pág. 13	0.030 máx.	24.0-26.0	bal.	1.20 máx.	3.0-5.0	0.24-0.32	6.0-8.0	0.035 máx.	0.020 máx.	0.80 máx.



JARDÍN AMURRALLADO RESPLANDECIENTE

DANIEL KUKLA



Las cintas de “follaje”, una compleja estructura y una proeza de la ingeniería, están cortadas con láser en acero inoxidable de aleación 316L (UNS S31603) de calibre 11 (3mm) y pulidas con un acabado no direccional n.º 4 en el reverso y un acabado espejo n.º 7 en el anverso.

Se trata de una impresionante y enorme obra de arte compuesta por 900 metros lineales de acero inoxidable perforado, cortado con un patrón de “follaje” irregular, diseñado para reflejar los muros cubiertos de hiedra y los espacios verdes que rodean el Teatro Harvey de la Academia de Música de Brooklyn (BAM).

Llamada Paradise Parados, su premiada creadora, Teresita Fernández, trabajó con el Camber Studio de Brooklyn, eligiendo acero inoxidable pulido a espejo, fabricado en diversas capas entrelazadas. La artista imaginó una experiencia envolvente y coherente en la que los espectadores estuvieran “rodeados por la obra de arte, caminaran por debajo de ella y vieran sus propios reflejos en los innumerables patrones de tejido del follaje”.

Camber Studio desarrolló un modelo digital detallado a partir de los bocetos iniciales de la artista, sistematizando la geometría de la obra

para limitar el número de piezas únicas y mantener al mismo tiempo su carácter orgánico. Trabajaron con ingenieros autorizados “para analizar la geometría desde el punto de vista del rendimiento estructural y desarrollar los detalles de conexión, tanto dentro del tejido como con el muro de mampostería”.

Desde su inauguración en 2022, la instalación no solo está dando que hablar, sino que también ha recibido importantes reconocimientos, como el Premio a la Excelencia en el Diseño de la Comisión de Diseño Público de Nueva York.

NI